

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 1 月 3 0 日
Date of Application:

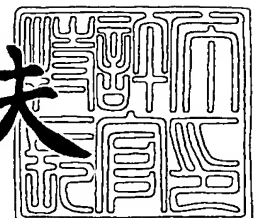
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 2 4 0 9 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 0 2 4 0 9 6]

出 願 人 N T N 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 3 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 5 8 8 5

【書類名】 特許願
【整理番号】 1032337
【提出日】 平成16年 1月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 F16H 15/00
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県磐田市東貝塚 1 5 7 8 番地 N T N株式会社内
 【氏名】 奥上 浩一
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県磐田市東貝塚 1 5 7 8 番地 N T N株式会社内
 【氏名】 村松 芳紀
【発明者】
 【住所又は居所】 三重県桑名市大字東方字尾弓田 3 0 6 6 N T N株式会社内
 【氏名】 大木 力
【発明者】
 【住所又は居所】 三重県桑名市大字東方字尾弓田 3 0 6 6 N T N株式会社内
 【氏名】 堀 径生
【特許出願人】
 【識別番号】 000102692
 【住所又は居所】 大阪市西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号
 【氏名又は名称】 N T N株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100064746
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 深見 久郎
【選任した代理人】
 【識別番号】 100085132
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 森田 俊雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100083703
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 仲村 義平
【選任した代理人】
 【識別番号】 100096781
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 堀井 豊
【選任した代理人】
 【識別番号】 100098316
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 野田 久登
【選任した代理人】
 【識別番号】 100109162
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 酒井 将行
【選任した代理人】
 【識別番号】 100111936
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 渡辺 征一

【先の出願に基づく優先権主張】**【出願番号】** 特願2003- 53748**【出願日】** 平成15年 2月28日**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 008693**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 特許請求の範囲 1**【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【物件名】** 委任状 1**【提出物件の特記事項】** 手続補足書により提出する。

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

歯車の噛み合わせにより入力シャフトの回転速度に対して出力シャフトの回転速度を変化させることが可能なトランスミッションに組み込まれた、トランスミッションの構成部品であって、

前記構成部品は表層部に窒素富化層を有し、前記構成部品のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 1 0 番を超える範囲にある、トランスミッションの構成部品。

【請求項 2】

歯車の噛み合わせにより入力シャフトの回転速度に対して出力シャフトの回転速度を変化させることが可能なトランスミッションに組み込まれた、トランスミッションの構成部品であって、

前記構成部品は表層部に窒素富化層を有し、前記構成部品の破壊応力値が 2 6 5 0 M P a 以上である、トランスミッションの構成部品。

【請求項 3】

歯車の噛み合わせにより入力シャフトの回転速度に対して出力シャフトの回転速度を変化させることが可能なトランスミッションに組み込まれた、トランスミッションの構成部品であって、

前記構成部品は表層部に窒素富化層を有し、前記構成部品の水素含有量が 0 . 5 p p m 以下である、トランスミッションの構成部品。

【請求項 4】

前記トランスミッションの構成部品は、前記入力シャフト、前記出力シャフトまたは前記歯車を回転可能に支持する転がり軸受であって、前記転がり軸受が円錐ころ軸受である、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のトランスミッションの構成部品。

【請求項 5】

前記トランスミッションの構成部品は、前記入力シャフト、前記出力シャフトまたは前記歯車を回転可能に支持する転がり軸受であって、前記転がり軸受が針状ころ軸受である、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のトランスミッションの構成部品。

【請求項 6】

前記トランスミッションの構成部品は、前記入力シャフト、前記出力シャフトまたは前記歯車を回転可能に支持する転がり軸受であって、前記転がり軸受が玉軸受である、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のトランスミッションの構成部品。

【請求項 7】

歯車の噛み合わせにより入力シャフトの回転速度に対して出力シャフトの回転速度を変化させることが可能なトランスミッションに組み込まれた、トランスミッションの構成部品の製造方法であって、

前記構成部品を製造する工程は、軸受部品用の鋼を A₁ 変態点を超える浸炭窒化処理温度で浸炭窒化処理した後、A₁ 変態点未満の温度に冷却し、その後、前記 A₁ 変態点以上で前記浸炭窒化処理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なう工程を備える、トランスミッションの構成部品の製造方法。

【請求項 8】

前記焼入れ温度域が 7 9 0 ℃ ～ 8 3 0 ℃ の温度域である、請求項 7 に記載のトランスミッションの構成部品の製造方法。

【請求項 9】

内輪、外輪および円錐ころを有する円錐ころ軸受において、

前記内輪、前記外輪および前記円錐ころのうち少なくとも一つの部材が窒素富化層を有し、前記部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 1 0 番を超える範囲にある、円錐ころ軸受。

【書類名】明細書**【発明の名称】** トランスミッションの構成部品、その製造方法、および円錐ころ軸受**【技術分野】****【0001】**

本発明は、転動疲労特性が長寿命で、高度の耐割れ強度や耐経年寸法変化を有するトランスミッションの構成部品およびその製造方法ならびに円錐ころ軸受に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

軸受部品の転動疲労に対して長寿命を与える熱処理方法として、焼入れ加熱時の雰囲気RXガス中にさらにアンモニアガスを添加するなどして、その軸受部品の表層部に浸炭窒化処理を施す方法がある（たとえば特開平8-4774号公報、特開平11-101247号公報）。この浸炭窒化処理法を用いることにより、表層部を硬化させ、ミクロ組織中に残留オーステナイトを生成させ、転動疲労寿命を向上させることができる。

【特許文献1】 特開平8-4774号公報**【特許文献2】** 特開平11-101247号公報**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

しかしながら、上記の浸炭窒化処理方法は炭素および窒素を拡散させる拡散処理であるため、長時間高温に保持する必要がある。このため、組織が粗大化する等して耐割れ強度の向上を図ることは困難である。また、残留オーステナイトの増加による経年寸法変化率の増大も問題となる。

【0004】

一方、転動疲労に対して長寿命を確保し、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率の増大を防ぐために、鋼の合金設計により組成を調整することによって対処することが可能である。しかし合金設計によると、原材料コストが高くなるなどの問題点が発生する。

【0005】

今後のトランスミッションにおける軸受部品には、使用環境の高荷重化、高温化に伴い、またトランスミッションの小型化・コンパクト化の要求に伴い、従来よりも、大きな荷重条件でかつより高温で使用できる特性を備えることが要求される。このため、高強度で、転動疲労特性が長寿命で、高度の耐割れ強度と寸法安定性とを有する軸受部品が必要になる。

【0006】

本発明は、高度の耐割れ強度と寸法安定性とを有し、疲労寿命（円錐ころ軸受の場合、または構成部品が転がり軸受または転がり軸受部品である場合には転動疲労寿命）に優れたトランスミッションの構成部品およびその製造方法ならびに円錐ころ軸受を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明のトランスミッションの構成部品は、歯車の噛み合わせにより入力シャフトの回転速度に対して出力シャフトの回転速度を変化させることが可能なトランスミッションに組み込まれた、トランスミッションの構成部品であって、構成部品は表層部に窒素富化層を有し、その構成部品のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にあることを特徴とするものである。

【0008】

本発明のトランスミッションの構成部品によれば、オーステナイト粒径が微細であることにより、耐割れ強度、寸法安定性および疲労寿命（構成部品が転がり軸受または転がり軸受部品である場合には転動疲労寿命）が大幅に改良される。オーステナイト粒径の粒度番号が10番以下では、疲労寿命は大きく改善されないので、10番を超える範囲とする

。通常、11番以上とする。オーステナイト粒径は細かいほど望ましいが、通常、13番を超える粒度番号を得ることは難しい。なお、トランスミッションの構成部品のオーステナイト粒は、浸炭窒化処理の影響を大きく受けている表層部でも、それより内側の内部でも変化しない。したがって、上記の結晶粒度番号の範囲の対象となる位置は、表層部および内部とする。

【0009】

本発明の他のトランスミッションの構成部品は、歯車の噛み合わせにより入力シャフトの回転速度に対して出力シャフトの回転速度を変化させることが可能なトランスミッションに組み込まれた、トランスミッションの構成部品であって、構成部品が表層部に窒素富化層を有し、その構成部品の破壊応力値が2650MPa以上であることを特徴とするものである。

【0010】

本願発明者らは、鋼を A_1 変態点を超える浸炭窒化処理温度で浸炭窒化処理した後、 A_1 変態点未満の温度に冷却し、その後に A_1 変態点以上の焼入れ温度域に再加熱し焼入れを行なうことにより、窒素富化層を有する鋼の破壊応力値を、従来では得られなかった2650MPa以上にできることを見出した。これにより、従来と比較して破壊応力値に優れ、それにより強度の高いトランスミッションの構成部品を得ることができる。

【0011】

本発明のさらに他のトランスミッションの構成部品は、歯車の噛み合わせにより入力シャフトの回転速度に対して出力シャフトの回転速度を変化させることが可能なトランスミッションに組み込まれた、トランスミッションの構成部品であって、構成部品が表層部に窒素富化層を有し、その構成部品の水素含有量が0.5ppm以下であることを特徴とするものである。

【0012】

本発明のさらに他のトランスミッションの構成部品によれば、水素に起因する鋼の脆化を軽減することができる。鋼の水素含有率が0.5ppmを超えると鋼の割れ強度は低下する。したがってこのような鋼は、苛酷な荷重が加わるハブの支持構造にはあまり適さなくなる。水素量は低い方が望ましい。しかし、0.3ppm未満に減らすためには長時間の加熱が必要になり、オーステナイト粒径が粗大化し、かえって靱性が低下してしまう。このため、より望ましい水素含有率は0.3～0.5ppmの範囲である。さらに望ましくは、0.35～0.45ppmの範囲である。

【0013】

なお、上記の水素含有率は、拡散性水素は測定の対象にはせず、所定温度以上で鋼から放出される非拡散性水素のみを測定の対象とするものである。サンプルサイズが小さければ、常温でもサンプルから放出され散逸してしまうので、拡散性水素量は測定の対象から外している。非拡散性水素は、鋼中の欠陥部などにトラップされており、所定の加熱温度以上ではじめてサンプルから放出される水素である。この非拡散性水素に限定しても、水素含有率は測定方法によって大きく変動する。上記の水素含有率範囲は熱伝導度法による測定方法による範囲である。さらに、後記するように、LECO社製DH-103型水素分析装置またはそれに準じる測定装置を用いて測定することが望ましい。

【0014】

上記のトランスミッションの構成部品において好ましくは、トランスミッションの構成部品は、入力シャフト、出力シャフトまたは歯車を回転可能に支持する転がり軸受であって、転がり軸受が円錐ころ軸受である。

【0015】

上記のトランスミッションの構成部品において好ましくは、トランスミッションの構成部品は、入力シャフト、出力シャフトまたは歯車を回転可能に支持する転がり軸受であって、転がり軸受が針状ころ軸受である。

【0016】

上記のトランスミッションの構成部品において好ましくは、トランスミッションの構成

部品は、入力シャフト、出力シャフトまたは歯車を回転可能に支持する転がり軸受であって、転がり軸受が玉軸受である。

【0017】

本発明のトランスミッションの構成部品の製造方法は、歯車の噛み合わせにより入力シャフトの回転速度に対して出力シャフトの回転速度を変化させることが可能なトランスミッションに組み込まれた、トランスミッションの構成部品の製造方法であって、構成部品を製造する工程が、軸受部品用の鋼を A_1 変態点を超える浸炭窒化处理温度で浸炭窒化处理した後、 A_1 変態点未満の温度に冷却し、その後、 A_1 変態点以上で浸炭窒化处理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なう工程を備えることを特徴とするものである。

【0018】

本発明のトランスミッションの構成部品の製造方法によれば、浸炭窒化处理後 A_1 変態点未満の温度に冷却した後最終的な焼入れを行なうので、オーステナイト粒径を細かくすることができる。この結果、シャルピー衝撃値、破壊靱性値、割れ強度、疲労寿命（構成部品が転がり軸受または転がり軸受部品である場合には転動疲労寿命）などを向上させることができる。

【0019】

さらに、たとえばオーステナイトが変態する温度にまで冷却することにより、浸炭窒化处理の際のオーステナイト粒界と最終焼入れの際のオーステナイト粒界とを無関係にすることができる。さらに、最終焼入れの際の加熱温度が浸炭窒化处理時の加熱温度よりも低いので、浸炭窒化处理の効果が及ぶ表層部における未溶解セメンタイト量は浸炭窒化处理のときよりも増大する。このため最終焼入れの加熱温度において、浸炭窒化处理のときより、未溶解セメンタイト量の比率が増大し、オーステナイト量の比率が低下する。しかも、鉄-炭素二元状態図から、セメンタイトとオーステナイトとの共存領域において、焼入れ温度の低下にともないオーステナイトに固溶する炭素濃度も低くなる。

【0020】

最終焼入れ温度に加熱したとき、オーステナイト粒の成長を妨げる未溶解セメンタイト量が多いために、オーステナイト粒は微細となる。また、焼入れによってオーステナイトからマルテンサイトやベイナイトに変態した組織は炭素濃度が低いので、浸炭窒化处理温度から焼き入れた組織に比べて靱性に富んだ組織となる。

【0021】

上記のトランスミッションの構成部品の製造方法において好ましくは、焼入れ温度域が $790^{\circ}\text{C}\sim 830^{\circ}\text{C}$ の温度域である。

【0022】

これにより、オーステナイト結晶粒の成長が生じにくい温度に再加熱して焼入れするので、オーステナイト粒径を細かくすることができる。

【0023】

本発明の円錐ころ軸受は、内輪、外輪および円錐ころを有する円錐ころ軸受において、内輪、外輪および円錐ころのうち少なくともいずれか一つの部材が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にあることを特徴とするものである。

【0024】

本発明の円錐ころ軸受によれば、内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか一つの部材のオーステナイト粒径が微細であることにより、耐割れ強度、寸法安定性および転動疲労寿命が大幅に改良される。オーステナイト粒径の粒度番号が10番以下では、転動疲労寿命は大きく改善されないので、10番を超える範囲とする。通常、11番以上とする。オーステナイト粒径は細かいほど望ましいが、通常、13番を超える粒度番号を得ることは難しい。なお、トランスミッションにおけるシャフトの支持構造の内輪、外輪および転動体のオーステナイト粒は、浸炭窒化处理の影響を大きく受けている表層部でも、それより内側の内部でも変化しない。したがって、上記の結晶粒度番号の範囲の対象と

なる位置は、表層部および内部とする。

【0025】

なお、本明細書における内輪または外輪は、シャフト、ハウジングなどの部材と一体化されたものであっても良く、また別体で設けられたものであっても良い。

【0026】

また、オーステナイト粒という場合、焼入れられた後のマルテンサイトやベイナイトなどのフェライト相にその痕跡を残している。焼入れ前のオーステナイト粒界を強調するために「旧」を付する場合もある。すなわち、オーステナイト粒と旧オーステナイト粒とは同じものを表現している。

【0027】

また、上記オーステナイト結晶粒は、対象とする部材の金相試料に対してエッチングなど、粒界を顕出する処理を施して観察することができる粒界であればよい。低温焼入れ直前の加熱された時点での粒界という意味で、上記のように旧オーステナイト粒と呼ぶ場合がある。測定は、JIS規格の粒度番号の平均値から平均粒径に換算して求めてもよいし、切片法などにより金相組織に重ねたランダム方向の直線が粒界と会合する間の間隔長さの平均値をとってもよい。

【0028】

また、上記窒素富化層は、あとで説明するように、浸炭窒化処理により形成されるが、上記窒素富化層に炭素が富化されていてもよいし、富化されていなくてもよい。

【発明の効果】

【0029】

本発明のトランスミッションの構成部品およびその製造方法ならびに円錐ころ軸受を用いることにより、窒素富化層を形成した上で、これまでにない優れた破壊応力値を得ることができるため、優れた耐割れ強度などを得ることができる。また、トランスミッションをコンパクト化することもできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下、図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

【0031】

図1は、本発明の一実施の形態におけるトランスミッションの構成部品が組み込まれたトランスミッションの構成を示す概略断面図である。図1を参照して、このトランスミッションは、常時噛合い式のトランスミッションであって、転がり軸受10A～10Fと、入力シャフト11と、出力シャフト12と、カウンターシャフト13と、ギア（歯車）14a～14kと、ハウジング15とを主に有している。

【0032】

入力シャフト11は、転がり軸受10Aによりハウジング15に回転可能に支持されている。この入力シャフト11の外周にはギア14aが形成されており、内周にはギア14bが形成されている。

【0033】

出力シャフト12は、一方側において転がり軸受10Bによりハウジング15に回転可能に支持されており、他方側において転がり軸受10Cにより入力シャフト11に回転可能に支持されている。この出力シャフト12には、ギア14c～14gが取り付けられている。このギア14c～14gはハウジング15との間にスラスト針状ころ軸受である転がり軸受10Fによって軸方向の荷重を支持されている。

【0034】

ギア14cおよびギア14dはそれぞれ同一部材の外周と内周に形成されている。ギア14cおよびギア14dが形成された部材は転がり軸受10Dにより出力シャフト12に回転可能に支持されている。ギア14eは、出力シャフト12と一緒に回転するように、かつ出力シャフト12の軸方向にスライド可能なように、出力シャフト12に取り付けられている。

【0035】

また、ギア 14 f およびギア 14 g の各々は同一部材の外周に形成されている。ギア 14 f およびギア 14 g が形成された部材は、出力シャフト 12 と一緒に回転するように、かつ出力シャフト 12 の軸方向にスライド可能なように出力シャフト 12 に取り付けられている。ギア 14 f およびギア 14 g が形成された部材が、図中左側にスライドした場合にはギア 14 f はギア 14 b と噛合い可能であり、図中右側にスライドした場合にはギア 14 g とギア 14 d とが噛合い可能である。

【0036】

カウンターシャフト 13 は、ハウジング 15 に固定されており、ギア 14 h ~ 14 k などをも有するギア部材を転がり軸受 10 E により回転可能に支持している。ギア 14 h はギア 14 a と常時噛合っており、かつギア 14 i はギア 14 c と常時噛合っている。また、ギア 14 j は、ギア 14 e が図中左側にスライドした場合に、ギア 14 e と噛合い可能である。ギア 14 k はギア 14 e が図中右側にスライドした場合に、ギア 14 e と噛合い可能である。

【0037】

本実施の形態では、入力シャフト 11 の支持構造は転がり軸受 10 A および 10 C を有しており、出力シャフト 12 の支持構造は転がり軸受 10 B および 10 C を有している。転がり軸受 10 A および 10 B はたとえば深溝玉軸受であり、転がり軸受 10 C はたとえば針状ころ軸受である。ギア 14 c、14 h ~ 14 k の支持構造は転がり軸受 10 D ~ 10 F を有しており、転がり軸受 10 D、10 E はたとえば針状ころ軸受であり、転がり軸受 10 F はスラスト針状ころ軸受である。

【0038】

図 2 は、上記の転がり軸受 10 A および 10 B となる深溝玉軸受の構成を示す概略断面図である。図 2 を参照して、深溝玉軸受 10 A、10 B は、ハウジング 15 に固定される外輪 1（外方部材）と、入力シャフト 11 もしくは出力シャフト 12 に固定される内輪 2（内方部材）と、外輪 1 および内輪 2 の間で転動する複数の玉 3 と、複数の玉 3 の各々を一定の間隔で正しい位置に保持するための保持器 4 とを有している。

【0039】

図 1 を参照して、転がり軸受 10 C となる針状ころ軸受は、複数の針状ころ 3 b が保持器により保持されたケージ&ローラ形式の構成を有している。この構成においては、転がり軸受 10 C の外方部材は入力シャフト 11 と一体化しており、内方部材は出力シャフト 12 と一体化している。

【0040】

転がり軸受 10 D、10 E となる針状ころ軸受は、複数の針状ころ 3 b が保持器により保持されたケージ&ローラ形式の構成を有している。この構成においては、転がり軸受の外方部材はギア 14 c ~ 14 k と一体化しており、内方部材は出力シャフト 12 またはカウンターシャフト 13 と一体化している。転がり軸受 10 F となるスラスト針状ころ軸受は、カウンターシャフト 13 に固定される外輪 1 c（外方部材）と、ギア 14 h ~ 14 k を有するギア部材に固定される内輪 2 c（内方部材）と、外輪 1 c と内輪 2 c との間で転動する複数の針状ころ 3 c と、複数の針状ころ 3 c の各々を一定の間隔で正しい位置に保持するための保持器とを有している。

【0041】

上記のトランスミッションに組み込まれたトランスミッションの構成部品（たとえば転がり軸受 10 A ~ 10 F の外方部材、内方部材、転動体、入力シャフト 11、出力シャフト 12、カウンターシャフト 13、ギア（歯車）14 a ~ 14 k、ハウジング 15 などの少なくとも 1 つ）は表層部に窒素富化層を有し、かつその構成部品のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にある。

【0042】

特に転がり軸受 10 A ~ 10 F の各々の外方部材、内方部材および転動体の少なくともいずれか一つ部材が本実施の形態のトランスミッションの構成部品に該当するときには、

これらの外方部材（外輪 1、出力シャフト 12 の外輪部分もしくはギア 14 c、14 h～14 k）、内方部材（内輪 2、入力シャフト 11 の内輪部分、出力シャフト 12 の内輪部分もしくはカウンターシャフト 13 の内輪部分）および転動体（玉 3 もしくは針状ころ 3 b、3 c）のうち少なくともいずれか一つの部材が、窒素富化層を有する鋼を含み、かつその部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にある。

【0043】

また、上記のトランスミッションに組み込まれたトランスミッションの構成部品（たとえば転がり軸受 10 A～10 F の外方部材、内方部材、転動体、入力シャフト 11、出力シャフト 12、カウンターシャフト 13、ギア（歯車）14 a～14 k、ハウジング 15 などの少なくとも 1 つ）は表層部に窒素富化層を有し、かつ破壊応力値が 2650 MPa 以上である。

【0044】

特に転がり軸受 10 A～10 F の各々の外方部材、内方部材および転動体の少なくともいずれか一つ部材が本実施の形態のトランスミッションの構成部品に該当するときには、外方部材（外輪 1、出力シャフト 12 の外輪部分もしくはギア 14 c、14 h～14 k）、内方部材（内輪 2、入力シャフト 11 の内輪部分、出力シャフト 12 の内輪部分もしくはカウンターシャフト 13 の内輪部分）および転動体（玉 3 もしくは針状ころ 3 b、3 c）のうち少なくともいずれか一つの部材が、窒素富化層を有する鋼を含み、かつ破壊応力値が 2650 MPa 以上である。

【0045】

また、上記のトランスミッションに組み込まれたトランスミッションの構成部品（たとえば転がり軸受 10 A～10 F の外方部材、内方部材、転動体、入力シャフト 11、出力シャフト 12、カウンターシャフト 13、ギア（歯車）14 a～14 k、ハウジング 15 などの少なくとも 1 つ）は表層部に窒素富化層を有し、かつ鋼中の水素含有率が 0.5 ppm 以下である。

【0046】

特に転がり軸受 10 A～10 F の各々の外方部材、内方部材および転動体の少なくともいずれか一つ部材が本実施の形態のトランスミッションの構成部品に該当するときには、外方部材（外輪 1、出力シャフト 12 の外輪部分もしくはギア 14 c、14 h～14 k）、内方部材（内輪 2、入力シャフト 11 の内輪部分、出力シャフト 12 の内輪部分もしくはカウンターシャフト 13 の内輪部分）および転動体（玉 3 もしくは針状ころ 3 b、3 c）のうち少なくともいずれか一つの部材は、窒素富化層を有する鋼を含み、かつ鋼中の水素含有率が 0.5 ppm 以下である。

【0047】

次に、このトランスミッションの変速動作について説明する。

【0048】

ギア 14 f がギア 14 b と噛合わず、ギア 14 g がギア 14 d と噛合わず、かつギア 14 e がギア 14 j と噛合う場合には、入力シャフト 11 の駆動力は、ギア 14 a、ギア 14 h、ギア 14 j およびギア 14 e を介して出力シャフト 12 に伝達される。これはたとえば第 1 速とされる。

【0049】

ギア 14 g がギア 14 d と噛合い、ギア 14 e がギア 14 j と噛合わない場合には、入力シャフト 11 の駆動力は、ギア 14 a、ギア 14 h、ギア 14 i、ギア 14 c、ギア 14 d およびギア 14 g を介して出力シャフト 12 に伝達される。これはたとえば第 2 速とされる。

【0050】

ギア 14 f がギア 14 b と噛合い、ギア 14 e がギア 14 j と噛合わない場合には、入力シャフト 11 はギア 14 b およびギア 14 f との噛合いにより出力シャフト 12 に直結され、入力シャフト 11 の駆動力は直接出力シャフト 12 に伝達される。これはたとえば第 3 速（トップ）とされる。

【0051】

次に、本実施の形態におけるトランスミッションの構成部品に行う浸炭窒化処理を含む熱処理について説明する。

【0052】

図3および図4に、本発明の実施の形態における熱処理方法を示す。図3は1次焼入れおよび2次焼入れを行なう方法を示す熱処理パターンであり、図4は焼入れ途中で材料をA₁変態点温度未満に冷却し、その後、再加熱して最終的に焼入れる方法を示す熱処理パターンである。どちらも本発明の実施の態様例である。

【0053】

図3を参照して、まず軸受部品用の鋼がA₁変態点を超える浸炭窒化処理温度（845℃）に加熱され、その温度で軸受部品用の鋼に浸炭窒化処理が施される。温度処理T₁では鋼の素地に炭素や窒素が拡散され、また炭素が鋼に十分に溶解込ませられる。この後、軸受部品用の鋼は、処理T₁の温度から油焼入れを施されて、A₁変態点未満の温度に冷却される。次いで180℃で焼戻しが行なわれるが、この焼戻しは省略することができる。

【0054】

この後、軸受部品用の鋼がA₁変態点以上の温度で上記の浸炭窒化処理の温度未満の温度（たとえば800℃）に再加熱され、その温度で保持することにより処理T₂が施された後、処理T₂の温度から油焼入れを施されて、A₁変態点未満の温度に冷却される。次いで180℃で焼戻しが行なわれる。

【0055】

図4を参照して、まず軸受部品用の鋼がA₁変態点を超える浸炭窒化処理温度（845℃）に加熱され、その温度で軸受部品用の鋼に浸炭窒化処理が施される。温度処理T₁では鋼の素地に炭素や窒素が拡散され、また炭素が鋼に十分に溶解込ませられる。この後、軸受部品用の鋼は焼入れされずにA₁変態点以下の温度に冷却される。この後、軸受部品用の鋼がA₁変態点以上の温度で上記の浸炭窒化処理の温度未満の温度（たとえば800℃）に再加熱され、その温度で保持することにより処理T₂が施された後、処理T₂の温度から油焼入れを施されて、A₁変態点未満の温度に冷却される。次いで180℃で焼戻しが行なわれる。

【0056】

上記の熱処理は、普通焼入れ（すなわち浸炭窒化処理に引き続いてそのまま1回焼入れ）するよりも、表層部分を浸炭窒化しつつ、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率を減少することができる。上述したように、上記の熱処理方法によれば、オーステナイト結晶粒の粒径を従来の2分の1以下となるミクロ組織を得ることができる。上記の熱処理を受けたトランスミッションの構成部品は、疲労寿命特性（構成部品が転がり軸受または転がり軸受部品である場合には転動疲労寿命特性）が長寿命であり、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率も減少させることができる。

【0057】

上記の熱処理のどちらによっても、その中の浸炭窒化処理により「浸炭窒化処理層」である窒素富化層が形成される。浸炭窒化処理において素材となる鋼の炭素濃度が高いため、通常の浸炭窒化処理の雰囲気から炭素が鋼の表面に侵入しにくい場合がある。たとえば炭素濃度が高い鋼の場合（1重量%程度の鋼）、それ以上高い炭素濃度の浸炭層が生成する場合もあるし、それ以上高い炭素濃度の浸炭層は生成しにくい場合がある。しかし、窒素濃度は、Cr濃度などにも依存するが、通常の鋼では最大限0.025重量%程度以下と低いので、素材の鋼の炭素濃度によらず窒素富化層が明瞭に生成される。上記窒素富化層には炭素が富化されていてもよいことはいうまでもない。

【0058】

上記図3に示す熱処理パターンを適用した軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図5（a）に示す。また、比較のため、従来の熱処理方法による軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図5（b）に示す。また、図6（a）および図6（b）に、上記図5（a）および図5（b）を図解したオーステナイト結晶粒度を示す。これらオーステナイト結晶粒度を示す

組織より、従来のオーステナイト粒径は J I S (Japanese Industrial Standard) 規格の粒度番号で 10 番であり、また本発明による熱処理方法によれば 12 番の細粒を得ることができる。また、図 5 (a) の平均粒径は、切片法で測定した結果、 $5.6 \mu\text{m}$ であった。

【0059】

次に、トランスミッションにおけるシャフトの支持構造の変形例について説明する。

【0060】

図 1 に示す構成では、シャフトの支持構造として、転がり軸受 10A、10B が深溝玉軸受である場合について説明したが、転がり軸受 10A、10B は図 7 に示すような円錐ころ軸受であっても良く、また図 8 に示すような円筒ころ軸受であっても良い。

【0061】

図 7 の円錐ころ軸受、図 8 の円筒ころ軸受のそれぞれの外方部材 (外輪 1)、内方部材 (内輪 2) および転動体 (ころ 3) のうち少なくともいずれか一つの部材が、本実施の形態のトランスミッションの構成部品に該当するときには、上記いずれか一つの部材が窒素富化層を有する鋼を含み、かつその部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にある。

【0062】

また、図 7 の円錐ころ軸受、図 8 の円筒ころ軸受のそれぞれの外方部材 (外輪 1)、内方部材 (内輪 2) および転動体 (ころ 3) のうち少なくともいずれか一つの部材が、本実施の形態のトランスミッションの構成部品に該当するときには、上記いずれか一つの部材が窒素富化層を有する鋼を含み、かつ破壊応力値が 2650 MPa 以上である。

【0063】

また、図 7 の円錐ころ軸受、図 8 の円筒ころ軸受のそれぞれの外方部材 (外輪 1)、内方部材 (内輪 2) および転動体 (ころ 3) のうち少なくともいずれか一つの部材が、本実施の形態のトランスミッションの構成部品に該当するときには、上記いずれか一つの部材が窒素富化層を有する鋼を含み、かつ鋼中の水素含有率が 0.5 ppm 以下である。

【0064】

また、図 7 の円錐ころ軸受、図 8 の円筒ころ軸受のそれぞれの外方部材 (外輪 1)、内方部材 (内輪 2) および転動体 (ころ 3) のうち少なくともいずれか一つの部材が、本実施の形態のトランスミッションの構成部品に該当するときには、上記いずれか一つの部材は、図 3 および図 4 に示す方法により形成される。

【0065】

なお、図 7 に示す円錐ころ軸受は、外輪 1 と内輪 2 との間に、保持器 4 により保持された複数のテーパ状のころ (円錐ころ) 3 を有している。この円錐ころ軸受は、外輪 1 および内輪 2 の軌道面ところ 3 の円錐の頂面とが軸受の中心線上の 1 点で交わるように設計されたものである。このため、ころ 3 は、軌道面上を外輪 1 の軌道面と内輪 2 の軌道面とからうける合成力によって、内輪 2 の大つばに押し付けられて案内されながら転がる。

【0066】

また、図 8 に示す円筒ころ軸受は、外輪 1 と内輪 2 との間に、保持器 4 により保持された複数の円筒状のころ 3 を有している。

【0067】

また、図 9 に示す針状ころ軸受は、外輪 1 と内輪部分 (図示せず) との間に、保持器 4 により保持された複数の針状のころ 3 を有している。ころ 3 は、一般的には、直径が 5 mm 以下で、長さが直径の 3 倍～10 倍である。

【0068】

また、図 10 に示す自動調心ころ軸受は、外輪 1 と内輪 2 との間に、保持器 4 により保持された 2 列の樽型のころ 3 を有している。このような 2 列の樽型のころ 3 を有することにより、シャフトの傾きなどに対応する調心性が得られる。

【0069】

図 11 は、図 7 に示す円錐ころ軸受をトランスミッションのシャフトの支持構造に用い

た構成を示す概略図である。図11を参照して、複数のギア24a～24dが形成されたシャフト21が、円錐ころ軸受10A（または10B）によりハウジング15に回転可能に支持されている。

【0070】

また図12は、図10に示す自動調心ころ軸受をトランスミッションのシャフトの支持構造に用いた構成を示す概略図である。図12を参照して、複数のギア34a～34dが形成されたシャフト31が、自動調心ころ軸受10Aによりハウジング15に回転可能に支持されている。

【0071】

上記の図11または図12に示すトランスミッションに組み込まれたトランスミッションの構成部品（図11に示すたとえば複数のギア24a～24d、シャフト21、円錐ころ軸受10A、10Bの外方部材、内方部材、転動体、およびハウジング15などの少なくとも1つ、または図12に示すたとえば複数のギア34a～34d、シャフト31、自動調心ころ軸受10Aの外方部材、内方部材、転動体、およびハウジング15などの少なくとも1つ）は表層部に窒素富化層を有し、かつその構成部品のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある。

【0072】

また、上記の図11または図12に示すトランスミッションに組み込まれたトランスミッションの構成部品（図11に示すたとえば複数のギア24a～24d、シャフト21、円錐ころ軸受10A、10Bの外方部材、内方部材、転動体、およびハウジング15などの少なくとも1つ、または図12に示すたとえば複数のギア34a～34d、シャフト31、自動調心ころ軸受10Aの外方部材、内方部材、転動体、およびハウジング15などの少なくとも1つ）は表層部に窒素富化層を有し、かつ破壊応力値が2650MPa以上である。

【0073】

また、上記の図11または図12に示すトランスミッションに組み込まれたトランスミッションの構成部品（図11に示すたとえば複数のギア24a～24d、シャフト21、円錐ころ軸受10A、10Bの外方部材、内方部材、転動体、およびハウジング15などの少なくとも1つ、または図12に示すたとえば複数のギア34a～34d、シャフト31、自動調心ころ軸受10Aの外方部材、内方部材、転動体、およびハウジング15などの少なくとも1つ）は表層部に窒素富化層を有し、かつ鋼中の水素含有率が0.5ppm以下である。

【0074】

また、図1に示す構成では、シャフトの支持構造として、転がり軸受10Cが針状ころ軸受である場合について説明したが、この転がり軸受10Cも図2に示すような深溝玉軸受であっても良く、また図7に示すような円錐ころ軸受であっても良く、また図8に示すような円筒ころ軸受であっても良く、また図9に示すような針状ころ軸受（外輪もしくは内輪を有する構成）であっても良く、また図10に示すような自動調心ころ軸受であっても良い。

【0075】

なお、上記の実施の形態においては、主に常時噛合い式（コンスタントメッシュ）のトランスミッションについて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、選択摺動式（スライディングメッシュ）、同期噛合い式（シンクロメッシュ）などの他の方式のトランスミッションにも適用可能である。

【実施例】

【0076】

次に本発明の実施例について説明する。

【0077】

（実施例1）

JIS規格S U J 2材（1.0重量％C-0.25重量％Si-0.4重量％Mn-1.

5重量%Cr)を用いて、本発明の実施例1を行った。表1に示した各試料の製造履歴を以下に示す。

【0078】

【表1】

試料	A	B	C	D	E	F	従来浸炭窒化処理品	普通焼入品
二次焼入温度(°C)	780 ¹⁾	800	815	830	850	870	-	-
水素量(ppm)	-	0.37	0.40	0.38	0.42	0.40	0.72	0.38
結晶粒度(JIS)	-	12	11.5	11	10	10	10	10
シャルピー衝撃値(J/cm ²)	-	6.65	6.40	6.30	6.20	6.30	5.33	6.70
破壊応力値(MPa)	-	2840	2780	2650	2650	2700	2330	2770
転動疲労寿命比(L ₁₀)	-	5.4	4.2	3.5	2.9	2.8	3.1	1

1) 今回は、焼入不足のため評価できなかった

【0079】

(試料A～D；本発明例)：温度850℃で150分間保持して浸炭窒化処理を施した。その浸炭窒化処理時の雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。図3に示す熱処理パターンにおいて、浸炭窒化処理温度850℃から1次焼入れを行ない、次いで浸炭窒化処理温度より低い温度域780℃～830℃に加熱して2次焼入れを行った。ただし、2次焼入れ温度780℃の試料Aは焼入れ不足のため試験の対象から外した。

【0080】

(試料E、F；本発明例)：浸炭窒化処理は、本発明例A～Dと同じ履歴で行い、2次焼入れ温度を浸炭窒素処理温度(850℃)以上の850℃～870℃で行った。

【0081】

(従来浸炭窒化処理品；比較例)：温度850℃で150分間保持して浸炭窒化処理を施した。その浸炭窒化処理時の雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。その浸炭窒化処理時の温度からそのまま焼入れを行ない、2次焼入れは行わなかった。

【0082】

(普通焼入れ品；比較例)：浸炭窒化処理を行わずに、850℃に加熱して焼入れた。2次焼入れは行わなかった。

【0083】

上記の各試料に対して、(1)水素量の測定、(2)結晶粒度の測定、(3)シャルピー衝撃試験、(4)破壊応力値の測定、(5)転動疲労試験、の各々を行った。その結果を表1に合わせて示す。

【0084】

次にこれらの測定方法および試験方法について説明する。

【0085】

(1)水素量の測定

水素量は、LECO社製DH-103型水素分析装置により、鋼中の非拡散性水素量を分析した。拡散性水素量は測定してない。このLECO社製DH-103型水素分析装置の仕様を下記に示す。

【0086】

分析範囲: 0.01 ~ 50.00 ppm

分析精度: ± 0.1 ppm または $\pm 3\%$ H (いずれか大なるほう)

分析感度: 0.01 ppm

検出方式: 熱伝導度法

試料重量サイズ: 10 mg ~ 35 g (最大: 直径 12 mm × 長さ 100 mm)

加熱炉温度範囲: 50 °C ~ 1100 °C

試薬: アンハイドロン ($\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$)、アスカライト (NaOH)

キャリアガス: 窒素ガス、ガスドージングガス (水素ガス)、いずれのガスも純度 99.99% 以上、圧力 40 PSI (2.8 kgf/cm^2) である。

【0087】

測定手順の概要は以下のとおりである。専用のサンプラーで採取した試料をサンプラーごとに上記の水素分析装置に挿入する。内部の拡散性水素は窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導かれる。この拡散性水素は本実施例では測定しない。次に、サンプラーから試料を取出し抵抗加熱炉内で加熱し、非拡散性水素を窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導く。熱伝導度検出器において熱伝導度を測定することによって非拡散性水素量を知ることができる。

【0088】

(2) 結晶粒度の測定

結晶粒度の測定は、JIS G 0551 の鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法に基づいて行った。

【0089】

(3) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、JIS Z 2242 の金属材料のシャルピー衝撃試験方法に基づいて行った。試験片には、JIS Z 2202 に示された U ノッチ試験片 (JIS 3 号試験片) を用いた。なお、シャルピー衝撃値は、次式の吸収エネルギー E を断面積 (0.8 cm^2) で除した値である。

【0090】

吸収エネルギー: $E = W g R (\cos \beta - \cos \alpha)$

W : ハンマー重量 ($= 25.438 \text{ kg}$)

g : 重力加速度 ($= 9.80665 \text{ m/sec}^2$)

R : ハンマー回転軸中心から重心までの距離 ($= 0.6569 \text{ m}$)

α : ハンマー持ち上げ角度 ($= 14.6^\circ$)、 β : ハンマー降り上がり角度

(4) 破壊応力値の測定

図 13 に破壊応力値の測定に用いた試験片を示す。アムスラー万能試験機を用いて図中の P 方向に荷重を負荷して試験片が破壊されるまでの荷重を測定する。その後、得られた破壊荷重を、下記に示す曲がり梁の応力計算式により応力値に換算する。なお、試験片は図 13 に示す試験片に限られず、他の形状の試験片を用いてもよい。

【0091】

図 13 の試験片の凸表面における繊維応力を σ_1 、凹表面における繊維応力を σ_2 とすると、 σ_1 および σ_2 は下記の式によって求められる (機械工学便覧 A4 編材料力学 A4-40)。ここで、 N は円環状試験片の軸を含む断面の軸力、 A は横断面積、 e_1 は外半径、 e_2 は内半径を表す。また、 κ は曲がり梁の断面係数である。

【0092】

$$\sigma_1 = (N/A) + \{M/(A\rho_o)\} [1 + e_1 / \{\kappa(\rho_o + e_1)\}]$$

$$\sigma_2 = (N/A) + \{M/(A\rho_o)\} [1 - e_2 / \{\kappa(\rho_o - e_2)\}]$$

$$\kappa = -(1/A) \int_A \{\eta / (\rho_o + \eta)\} dA$$

(5) 転動疲労試験

転動疲労寿命試験の試験条件および試験装置の略図を、表 2 および図 14 に示す。図 14 において、転動疲労寿命試験片 221 は、駆動ロール 211 によって駆動され、ボール

213と接触して回転している。ボール213は、(3/4) ” のボールであり、案内ロール212にガイドされて、転動疲労寿命試験片221との間で高い面圧を及ぼし合いながら転動する。

【0093】

次に上記の測定結果および試験結果について説明する。

【0094】

(1) 水素量

表1より、浸炭窒化処理したままの従来浸炭窒化処理品の鋼中水素量は、0.72ppmと非常に高い値となっている。これは、浸炭窒化処理の雰囲気に含まれるアンモニア(NH_3)が分解して水素が鋼中に侵入したためと考えられる。これに対して、試料B~Fの鋼中水素量は0.37~0.42ppmとなっており、従来浸炭窒化処理品の半分近くにまで減少している。この鋼中水素量は普通焼入れ品と同じレベルである。

【0095】

上記の鋼中水素量の低減により、水素の固溶に起因する鋼の脆化を軽減することができる。すなわち、水素量の低減により、本発明例の試料B~Fのシャルピー衝撃値および破壊応力値は大きく改善されている。

【0096】

(2) 結晶粒度

表1より、結晶粒度は、2次焼入れ温度が浸炭窒化処理時の焼入れ(1次焼入れ)の温度より低い場合、すなわち試料B~Dの場合、オーステナイト粒は、結晶粒度番号11~12と顕著に微細化されている。試料EおよびFならびに従来浸炭窒化処理品および普通焼入れ品のオーステナイト粒は、結晶粒度番号10であり、試料B~Dより粗大な結晶粒となっている。

【0097】

(3) シャルピー衝撃値

表1によれば、従来浸炭窒化処理品のシャルピー衝撃値は 5.33 J/cm^2 であるのに比して、本発明例の試料B~Fのシャルピー衝撃値は $6.20 \sim 6.65 \text{ J/cm}^2$ と高い値が得られている。この中でも、2次焼入れ温度が低いほうがシャルピー衝撃値が高くなる傾向を示す。なお、普通焼入れ品のシャルピー衝撃値は 6.70 J/cm^2 と高い。

【0098】

(4) 破壊応力値

上記破壊応力値は、耐割れ強度に相当する。表1によれば、従来浸炭窒化処理品は2330MPaの破壊応力値となっている。これに比して、試料B~Fの破壊応力値は2650~2840MPaと改善されている。普通焼入れ品の破壊応力値は2770MPaであり、試料B~Fの破壊応力値と同等である。このような、試料B~Fの改良された耐割れ強度は、オーステナイト結晶粒の微細化と並んで、水素含有率の低減による効果が大きいと推定される。

【0099】

(5) 転動疲労試験

表1によれば、普通焼入れ品は窒素富化層を表層部に有しないことを反映して、転動疲労寿命 L_{10} は最も低い。これに比して従来浸炭窒化処理品の転動疲労寿命は3.1倍となる。試料B~Dの転動疲労寿命は従来浸炭窒化処理品より大幅に向上する。試料E、Fは、従来浸炭窒化処理品とほぼ同等であった。

【0100】

上記をまとめると、本発明例の試料B~Fでは、鋼中水素量が低くなり、破壊応力値やシャルピー衝撃値が向上する。しかし、転動疲労寿命まで含めて改良しうるのは、さらにオーステナイト結晶粒度を粒度番号で11番程度以上に微細化した試料B~Dである。したがって、本発明例に該当するのは試料B~Fであるが、より望ましい本発明の範囲は、2次焼入れ温度を浸炭窒化処理温度より低くして結晶粒の微細化をさらに図った試料B~Dの範囲である。

【0101】

(実施例2)

次に実施例2について説明する。

【0102】

下記のA材、B材およびC材について、一連の試験を行った。熱処理用素材には、JIS規格S U J 2材（1.0重量% C - 0.25重量% Si - 0.4重量% Mn - 1.5重量% Cr）を用い、A材～C材に共通とした。A材～C材の製造履歴は次のとおりである。

（A材：比較例）：普通焼入れのみを行なった（浸炭窒化処理せず）。

（B材：比較例）：浸炭窒化処理後にそのまま焼き入れた（従来の浸炭窒化焼入れ）。浸炭窒化処理の温度を845℃とし、保持時間を150分間とした。また浸炭窒化処理の雰囲気、R Xガス+アンモニアガスとした。

（C材：本発明例）：軸受鋼に図2の熱処理パターンを施した。浸炭窒化処理の温度を845℃とし、保持時間を150分間とし、雰囲気をR Xガス+アンモニアガスとした。また、最終焼入れ温度を800℃とした。

【0103】

(1) 転動疲労寿命

転動疲労寿命試験の試験装置には上述した図7の装置を用い、試験条件は表2に示す条件とした。この転動疲労寿命試験結果を表3に示す。

【0104】

【表2】

試験片	φ12×L22 円筒試験片
試験数	10個
相手鋼球	3/4" (19.05mm)
接触面圧	5.88GPa
負荷速度	46240cpm
潤滑油	タービン VG68 強制循環給油

【0105】

【表3】

表3 試験結果

材質	寿命(負荷回数)		L ₁₀ の比
	L ₁₀ (×10 ⁴ 回)	L ₁₀ (×10 ⁴ 回)	
A材	8017	18648	1.0
B材	24656	33974	3.1
C材	43244	69031	5.4

【0106】

表3によれば、浸炭窒化処理を施したB材（比較例）のL₁₀寿命は、普通焼入れのみを施したA材（比較例）のL₁₀寿命（試験片10個中1個が破損する寿命）の3.1倍を示し、浸炭窒化処理による長寿命化の効果が認められる。これに対して、本発明例のC材は、B材の1.74倍、またA材の5.4倍の長寿命を示している。この改良の主因はミクロ組織の微細化によるものと考えられる。

【0107】

(2) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、Uノッチ試験片を用いて、上述のJIS Z 2242に準じ

た方法により行なった。試験結果を表4に示す。

【0108】

【表4】

表4 シャルピー衝撃強度試験

材質	シャルピー衝撃値 (J/cm ²)	衝撃値の比
A材	6.7	1.0
B材	5.3	0.8
C材	6.7	1.0

【0109】

本発明例のC材では、普通焼入れのみを施したA材（比較例）と同等で、かつ浸炭窒化処理を施したB材（比較例）よりも高いシャルピー衝撃値が得られた。

【0110】

（3）静的破壊靱性値の試験

静的破壊靱性試験の試験片には、図15に示す試験体を用い、亀裂を予め約1mm導入した後に、3点曲げによる静的荷重Pを加え、破壊荷重を求めた。破壊靱性値（K_{IC}値）の算出には次に示す次式を用いた。また、試験結果を表5に示す。

【0111】

$$K_{IC} = (PL\sqrt{a/BW^2}) \{5.8 - 9.2(a/W) + 43.6(a/W)^2 - 75.3(a/W)^3 + 77.5(a/W)^4\}$$

【0112】

【表5】

材質	試験数	K _{IC} (MPa√m)	K _{IC} の比
A材	3個	16.3	1.0
B材	3個	16.1	1.0
C材	3個	18.9	1.2

【0113】

予め導入した亀裂の深さが窒素富化層深さよりも大きくなったため、比較例のA材とB材とは違いはない。しかし、本発明例のC材では比較例のA材およびB材に対して約1.2倍の破壊靱性値（K_{IC}値）を得ることができた。

【0114】

（4）静圧壊強度試験（破壊応力値の測定）

静圧壊強度試験片には、上述のように図13に示す形状のものを用いた。図中、P方向に荷重を付加して、上記と同様にして静圧壊強度試験を行なった。試験結果を表6に示す。

【0115】

【表 6】

表 6 試験結果

材質	試験数	静圧壊強度 (kgf)	静圧壊強度の比
A 材	3 個	4200	1.00
B 材	3 個	3500	0.84
C 材	3 個	4300	1.03

【0116】

浸炭窒化処理を施したB材（比較例）の静圧壊強度は普通焼入れのみを施したA材（比較例）の静圧壊強度よりもやや低い値である。しかしながら、本発明例のC材の静圧壊強度は、B材の静圧壊強度よりも向上し、A材の静圧壊強度よりもわずかに高いレベルになっている。

【0117】

(5) 経年寸法変化率

温度130℃で500時間保持した場合の経年寸法変化率を測定した。その測定結果を、表面硬度、残留オーステナイト量（表面から0.1mm深さでの）とともに表7に示す。

【0118】

【表 7】

材質	試験数	表面硬度 (HRC)	残留 γ 量 (体積%)	寸法変化率 ($\times 10^{-5}$)	寸法変化率の比 ^{*)}
A 材	3 個	62.5	9.0	18	1.0
B 材	3 個	63.6	28.0	35	1.9
C 材	3 個	60.0	11.3	22	1.2

*: 小さい方が優れている

【0119】

残留オーステナイト量の多いB材の寸法変化率に比べて、本発明例のC材の寸法変化率は低く抑えられていることがわかる。

【0120】

(6) 異物混入潤滑下における寿命試験

玉軸受6206を用い、標準異物を所定量混入させた異物混入潤滑下での転動疲労寿命を評価した。試験条件を表8に、また試験結果を表9に示す。

【0121】

【表 8】

荷重	Fr=6.86kN
接触面圧	Pmax=3.2Gpa
回転速度	2000rpm
潤滑	タービン56 油浴給油
異物量	0.4g/1000cc
異物	粒径 100~180 μ m、硬さ Hv800

【0122】

【表 9】

材質	L ₁₀ 寿命 (h)	L ₁₀ 寿命の比
A 材	20.0	1.0
B 材	50.2	2.5
C 材	74.0	3.7

【0123】

A 材に比べ、浸炭窒化処理を施した B 材（比較例）では約 2.5 倍の、また本発明例の C 材では約 3.7 倍の長寿命が得られた。本発明例の C 材では、比較例の B 材に比べて残留オーステナイトが少ないものの、窒素の侵入と微細化されたマイクロ組織の影響とにより長寿命が得られている。

【0124】

上記の結果より、本発明例の C 材、すなわち本発明の熱処理方法によって製造されたトランスミッションにおける支持構造をなす軸受部品は、従来の浸炭窒化処理では困難であった転動疲労寿命の長寿命化、割れ強度の向上、経年寸法変化率の低減の 3 項目を同時に満足することができることがわかった。

【0125】

なお、本明細書におけるオーステナイト結晶粒とは、焼入加熱中に相変態したオーステナイトの結晶粒のことであり、これは、冷却によりマルテンサイトへ変態した後も、過去の履歴として残存しているものをいう。

【0126】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。たとえば針状ころ軸受は総ころタイプであっても、シェル型針状ころ軸受であってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0127】

本発明は、転動疲労特性が長寿命で、高度の耐割れ強度や耐経年寸法変化を有するトランスミッションにおける支持構造およびその製造方法ならびに円錐ころ軸受に特に有利に適用され得る。

【図面の簡単な説明】

【0128】

【図 1】本発明の一実施の形態におけるトランスミッションの構成部品が組み込まれたトランスミッションの構成を示す概略断面図である。

【図 2】図 1 に示す転がり軸受 10A および 10B となる深溝玉軸受の構成を示す概略断面図である。

【図 3】本発明の実施の形態におけるトランスミッションの構成部品に施される熱処理方法を説明する図である。

【図 4】本発明の実施の形態におけるトランスミッションの構成部品に施される熱処理方法の変形例を説明する図である。

【図 5】軸受部品のマイクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。(a) は本発明例の軸受部品であり、(b) は従来の軸受部品である。

【図 6】(a) は図 5 (a) を図解したオーステナイト粒界を示し、(b) は図 5 (b) を図解したオーステナイト粒界を示す。

【図 7】円錐ころ軸受の構成を概略的に示す断面図である。

【図 8】円筒ころ軸受の構成を概略的に示す断面図である。

【図 9】針状ころ軸受の構成を概略的に示す断面図である。

【図 1 0】自動調心ころ軸受の構成を概略的に示す断面図である。

【図 1 1】図 7 に示す円錐ころ軸受をトランスミッションのシャフトの支持構造に用いた構成を示す概略図である。

【図 1 2】図 1 0 に示す自動調心ころ軸受をトランスミッションのシャフトの支持構造に用いた構成を示す概略図である。

【図 1 3】静圧壊強度試験（破壊応力値の測定）の試験片を示す図である。

【図 1 4】転動疲労寿命試験機の概略図である。(a)は正面図であり、(b)は側面図である。

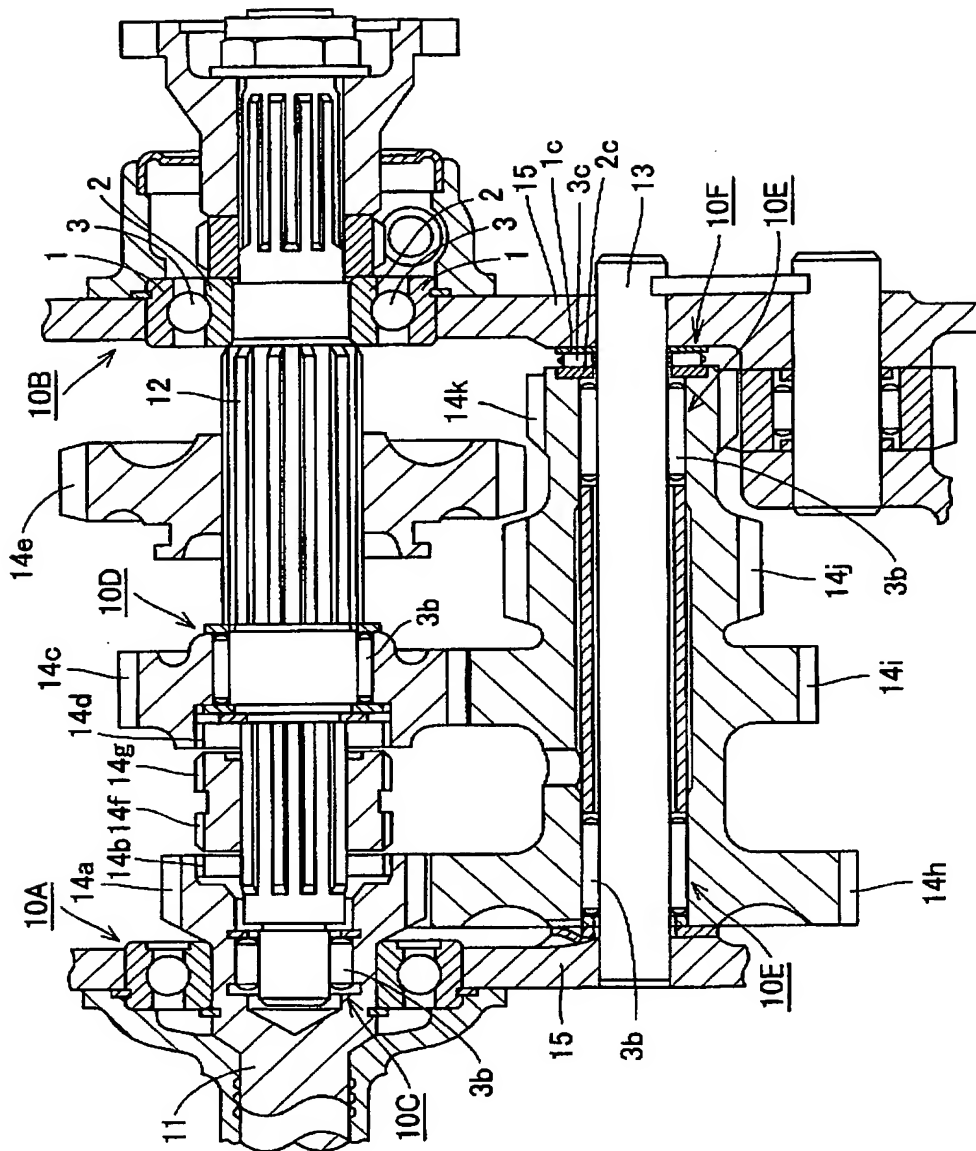
【図 1 5】静的破壊靱性試験の試験片を示す図である。

【符号の説明】

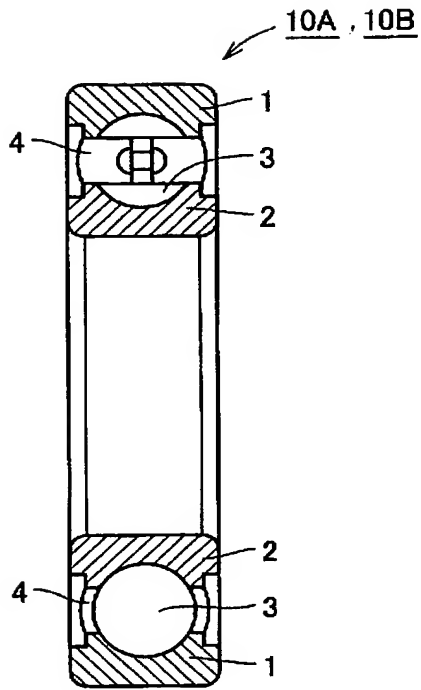
【0 1 2 9】

1, 1 c 外輪、2, 2 c 内輪、3, 3 b, 3 c 転動体、4 保持器、1 0 A ~ 1 0 F 転がり軸受、1 1 入力シャフト、1 2 出力シャフト、1 3 カウンターシャフト、1 4 a ~ 1 4 k, 2 4 a ~ 2 4 d, 3 4 a ~ 3 4 d ギア、1 5 ハウジング、2 1, 3 1 シャフト、2 1 1 駆動ロール、2 1 2 案内ロール、2 1 3 (3/4) " ボール、2 2 1 転動疲労寿命試験片、T₁ 浸炭窒化処理温度、T₂ 焼入れ加熱温度。

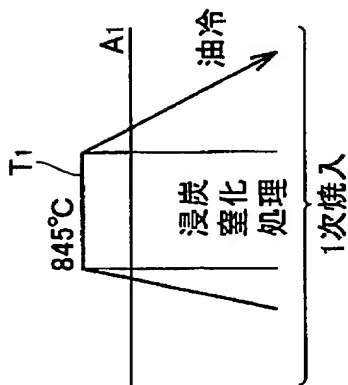
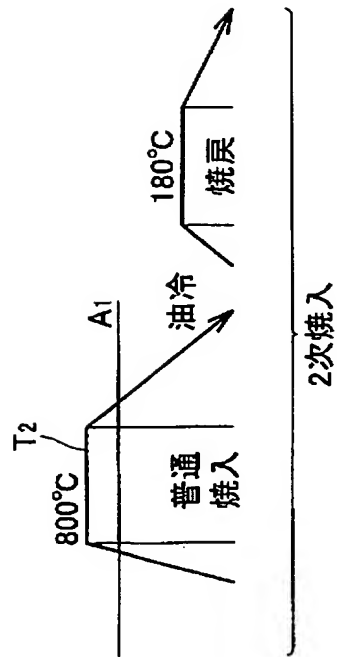
【書類名】 図面
【図 1】



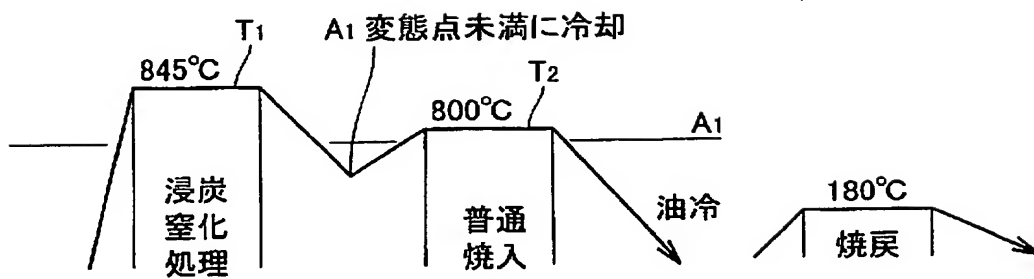
【図 2】



【図 3】

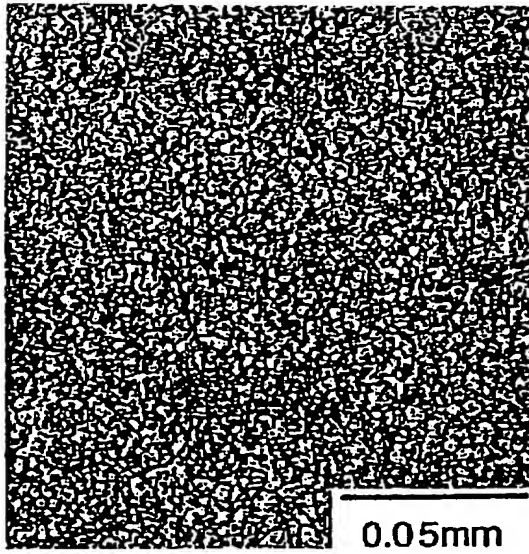


【図 4】

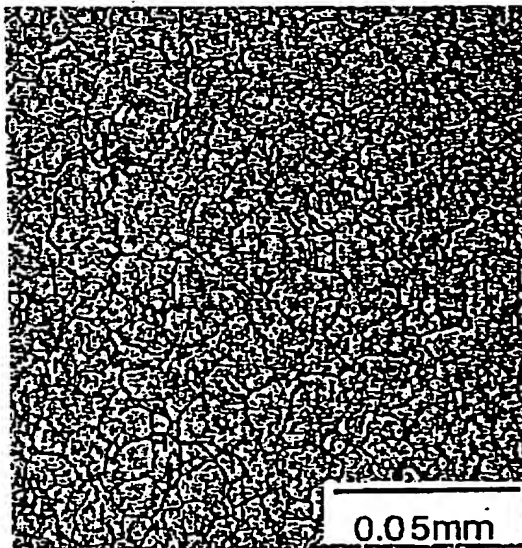


【図 5】

(a)

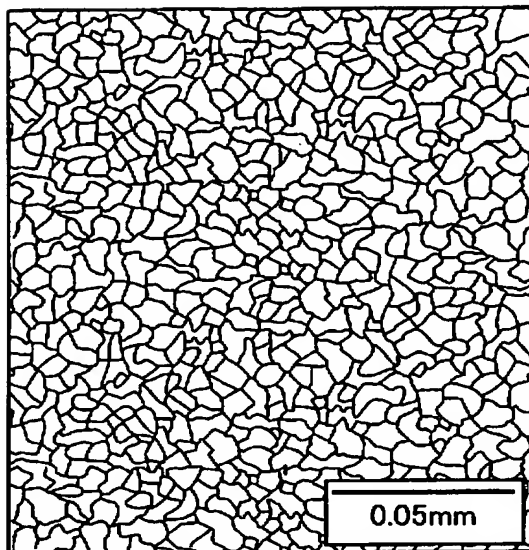


(b)

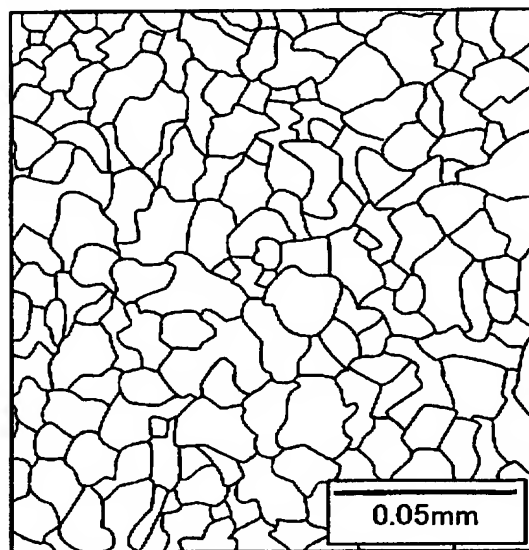


【図 6】

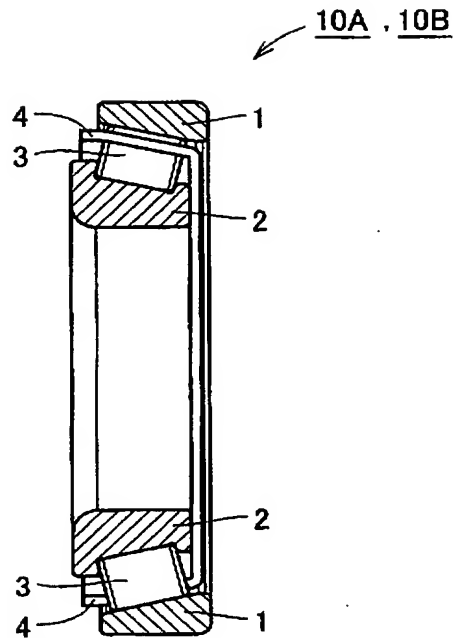
(a)



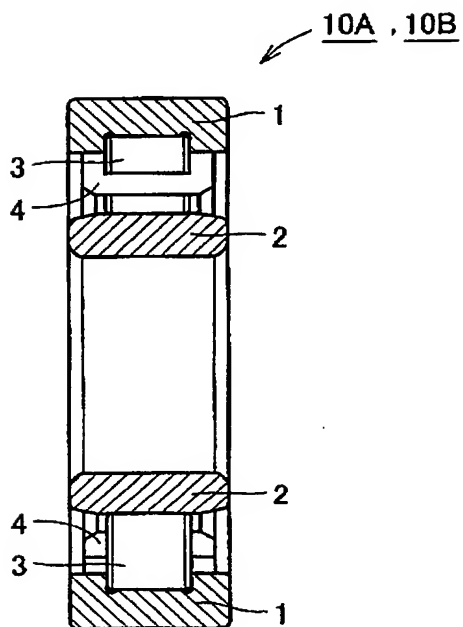
(b)



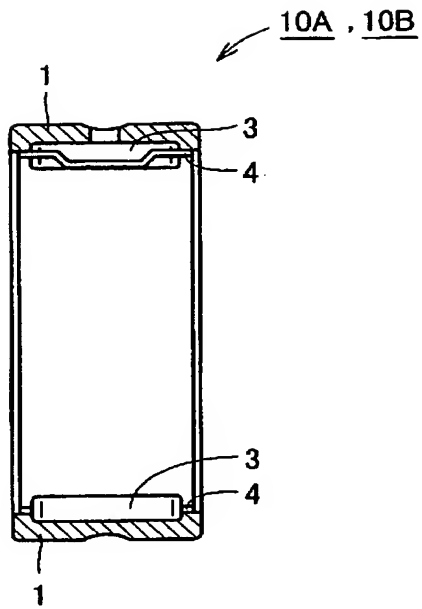
【図 7】



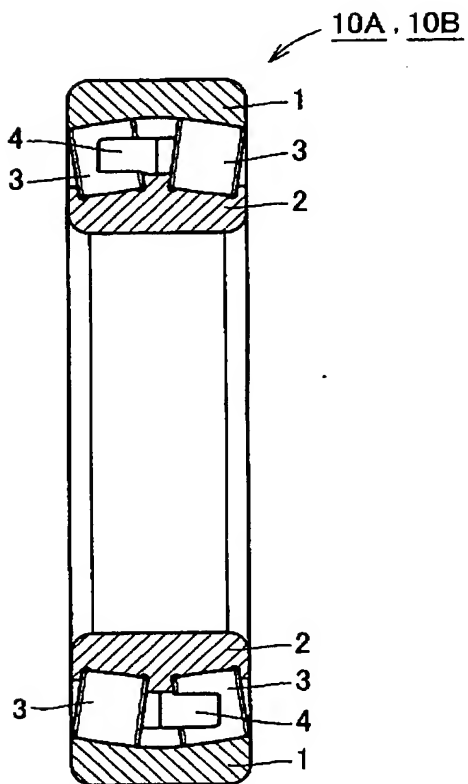
【図 8】



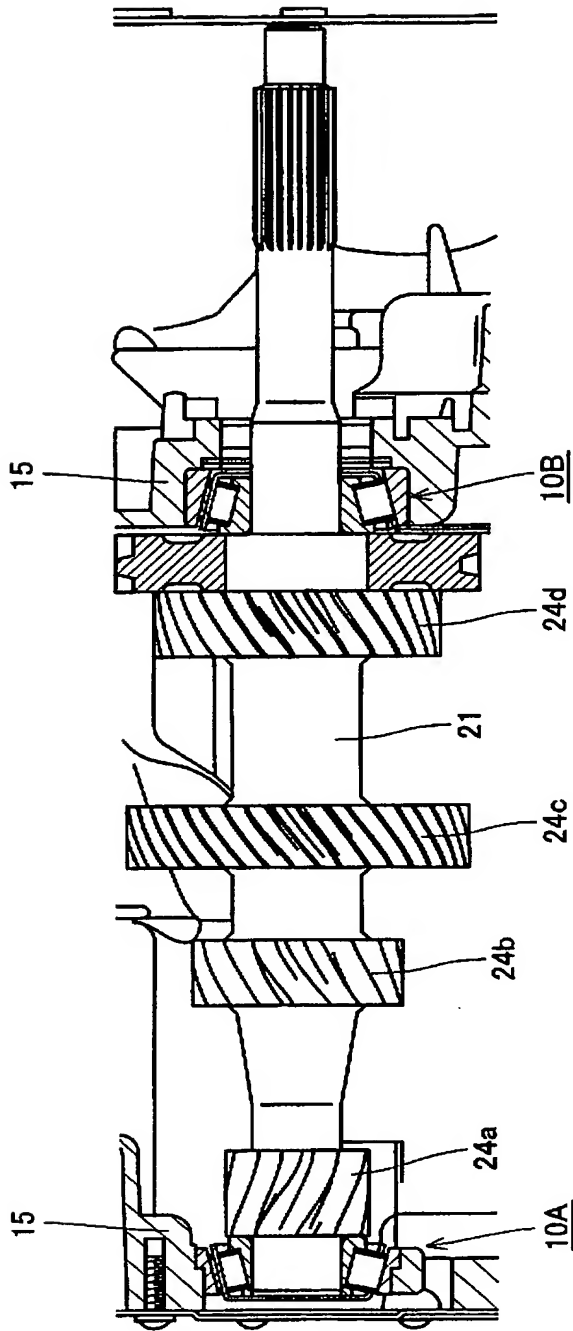
【図 9】



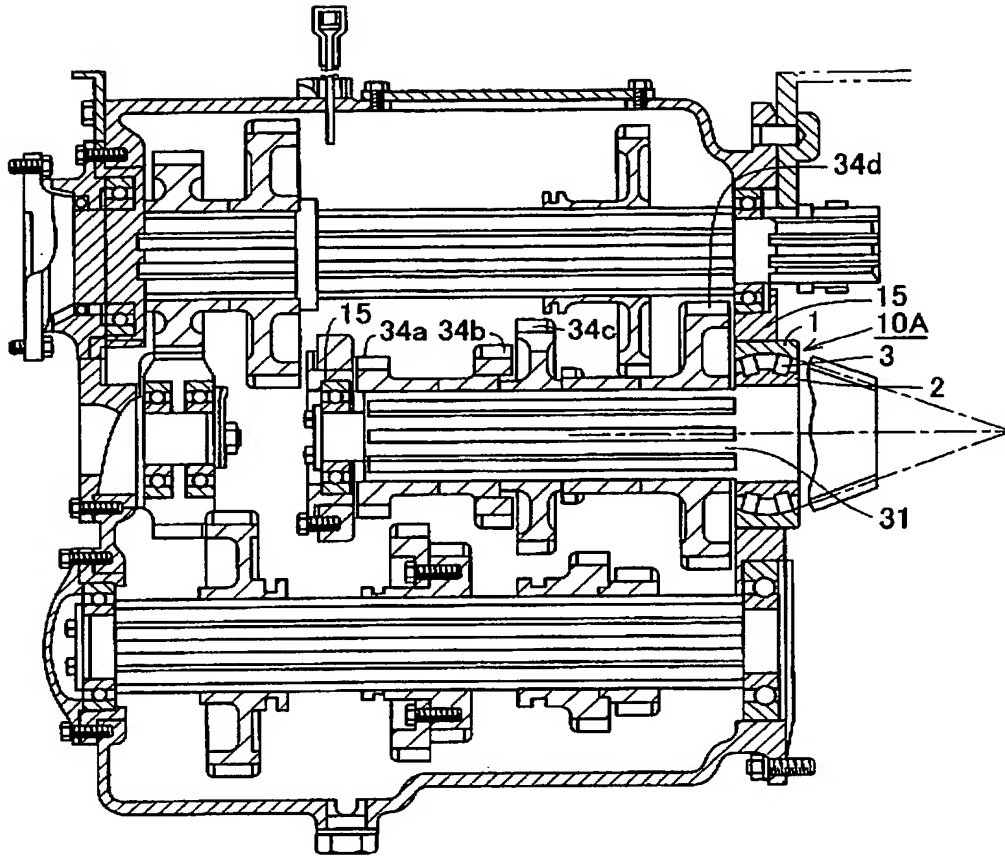
【図 10】



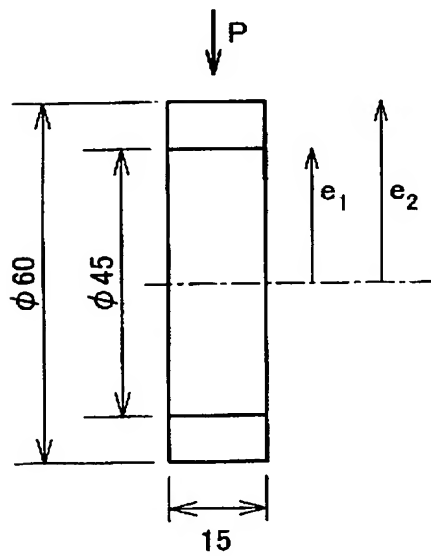
【図 11】



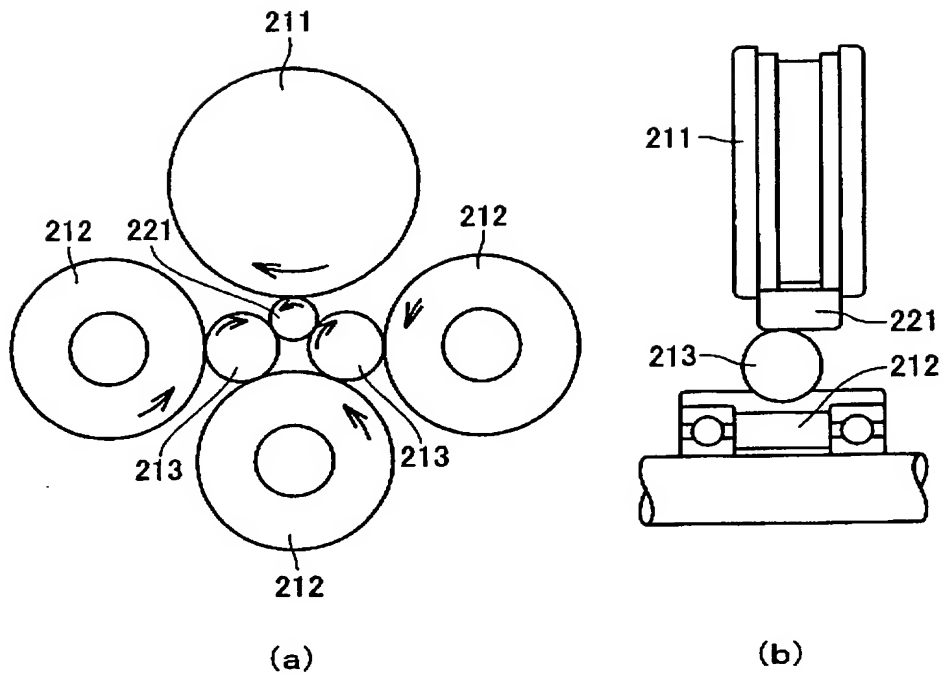
【図 12】



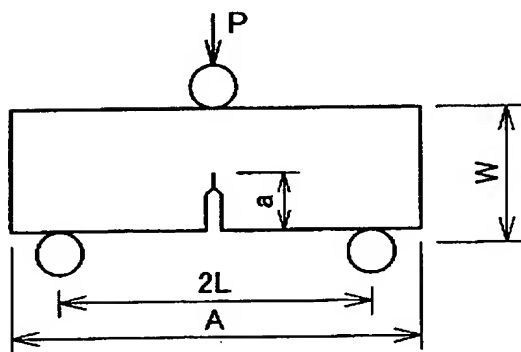
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高度の耐割れ強度と寸法安定性とを有し、疲労寿命に優れたトランスミッションの構成部品およびその製造方法ならびに円錐ころ軸受を提供する。

【解決手段】 本発明のトランスミッションの構成部品は、入力シャフト 1 1 または出力シャフト 1 2 またはギア 1 4 c、1 4 h～1 4 k が転がり軸受によって回転可能に支持されたトランスミッションに組み込まれる構成部品であって、その構成部品は表層部に窒素富化層を有し、その構成部品オーステナイト結晶粒の粒度番号が 1 0 番を超える範囲にある。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 2 4 0 9 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 0 2 6 9 2]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 1 月 5 日

[変更理由]

名称変更

住 所

大阪府大阪市西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号

氏 名

N T N 株式会社